

ховатость ее еще не характеризует, в какой бы то ни было степени, качество обработанной детали.

Геометрически, толщина стружки при точении равна линейному расстоянию между последовательными положениями следов пересечения винтовой поверхности резания плоскостью, проходящей через ось вращения обрабатываемой поверхности.

Выводы.

1. Анализ существующего оборудования для оцилиндровки бревен показывает, что, несмотря на разнообразие типов станков, эффективность оцилиндровки не соответствует современным требованиям и зависит от многих факторов. Необходимо дальнейшее совершенствование оцилиндровки бревен, конструкций и параметров режущего инструмента.

2. Исследования кинематики движения бревен и режущего инструмента, а также используемых типов резания показывает, что с точки зрения уровня энергозатрат при оцилиндровке предпочтительнее использовать точение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пижурин А.А. Основы процесса точения древесины. М.: ГБЛИ, 1963. – 117 с.
2. Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов. М.: Лесн. пром-ть, 1982. – 192 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХРУПКОЙ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ РЕЗЦОВ НОЖЕВОЙ ГОЛОВКИ РОТОРНОГО ОЦИЛИНДРОВОЧ- НОГО СТАНКА ПОЗИЦИОННОГО ТИПА

Сергеевичев А.В. (СПбГЛТА, Санкт-Петербург, РФ)

RESEARCH OF CUTTING PART FRAGILE DURABILITY OF CUT- TERS KNIFE BLOCK OF AN ITEM TYPE ROTARY CYLINDRICAL MACHINE TOOL

Одной из главных характеристик конструкционной прочности резцов ножевой головки является прочность их режущей кромки. Так, как наибольшие силы резания возникают на черновых резцах, вследствие их специфики обработки, поэтому данные исследования проводились только для черновых резцов. Остальные резцы работают в более благоприятных условиях, и проводить данные исследования нецелесообразно. Основная особенность работы черновых резцов заключается в следующем:

- наибольшая глубина резания;
- максимальная толщина стружки;
- наличие минеральных включений в коре;
- наличие сучков и участков более высокой плотности.

На основании анализа работы ножевых головок оцилиндровочных станков было установлено, что скалывание режущей части резцов происходит вследствие разрушения под действием пиковых нагрузок.

Пиковые нагрузки возникают вследствие встречи резцов с сучками, участками древесины большей плотности и с минеральными включениями в коре бревна и могут многократно превышать номинальные. Выкрашивание режущей кромки резцов обычно происходит в виде отделения объема материала, превышающего объем контактной зоны [1,2]. Объем контактной зоны ограничен поверхностями силового контакта режущего элемента со стружкой и заготовкой (бревном), а опасные точки располагаются за пределами контактной зоны режущей части резца. Установлено, что опасные точки возникают на передней грани резца на расстоянии r от режущей кромки, мм [3].

$$r = k_0 \cdot c, \quad (1)$$

где k_0 – некоторый коэффициент ($k_0 > 1$);

c – ширина контакта стружки с передней гранью, измеряемая в направлении, перпендикулярном режущей кромки, мм.

В нагруженном клине при расчете напряжений различают контактную зону и область за ее пределами. В контактной зоне в соответствии с принципом Сен-Венана необходимо учитывать детальный характер внешнего нагружения резца, основываясь на действии контактных нормальных и касательных напряжений. За пределами контактной зоны расчет напряжений можно производить по сосредоточенной равнодействующей силе [4], рис. 1.

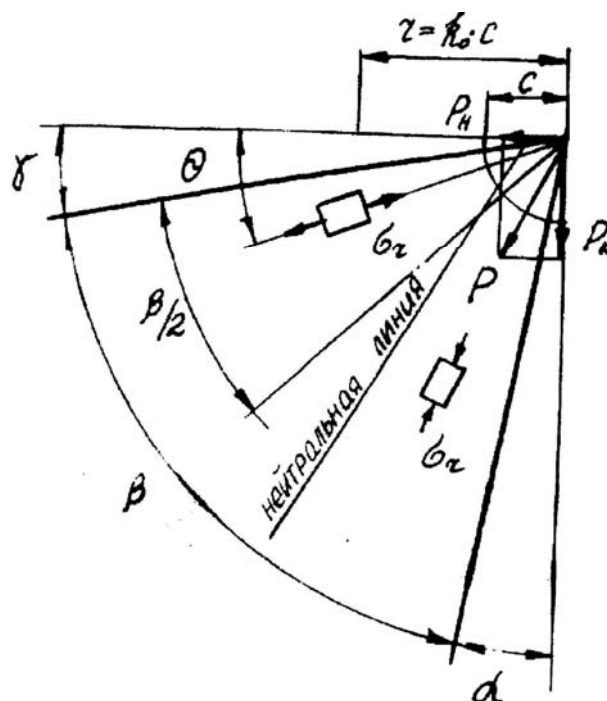


Рис. 1. Схема расчета хрупкой прочности режущей кромки чернового резца оцилиндровочного станка

Для расчета напряжений за пределами контактной зоны существует метод [5], являющийся видоизмененным методом расчета напряжений в клине при действии сосредоточенных сил, приложенных к вершине.

Напряжения за пределами контактной зоны определяются по формулам:

$$\sigma_r = \frac{2P}{r \cdot b} \left[\frac{\cos \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \cos \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} + \frac{\sin \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \sin \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} \right]; (2)$$

В нашем случае $b = t$ – глубина резания, мм.

$$\sigma_r = \frac{2P}{r \cdot t} \left[\frac{\cos \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \cos \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} + \frac{\sin \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \sin \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} \right]; (3)$$

$$\sigma_r = 0; (4)$$

$$\tau_{r\theta} = 0, (5)$$

где P – равнодействующая сосредоточенная сила (реакция силы резания), Н;
 v_0 – угол, определяющий направление силы P , рад;

$$v_0 = \arctg \frac{P_k}{P_n}; (6)$$

γ – передний угол, рад;

β – угол заострения, рад;

α – задний угол, рад;

P_k – касательная составляющая реакции силы резания, Н;

P_n – нормальная составляющая реакции силы резания, Н;

t – глубина резания, мм;

s – ширина контакта стружки с передней гранью режущего элемента, измеряемая в направлении, перпендикулярном кромке реза, мм;

$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_\tau, \theta$ – соответственно радиальное, тангентальное и касательное напряжения, МПа;

r, θ – полярные координаты.

Так, как опасные точки расположены на передней грани реза, можно принять, что $\theta = \gamma$ в зависимости от влияния v_0 имеет место два случая напряженного состояния $\sigma_\beta > 0$ и $\sigma_r < 0$. Как показывают расчеты, при $\sigma_r > 0$, $\sigma_1 = \sigma_2$, $\sigma_3 = 0$, а при $\sigma_r < 0$, $\sigma_1 = 0$, $\sigma_3 = -\sigma_r$. Где $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ – главные напряжения. В обоих случаях $\sigma_2 = 0$.

С учетом этого, уравнение для определения главных напряжений имеет вид [3]

$$\sigma_{1,3} = \frac{2P}{r \cdot k_0 \cdot c} \left[\frac{\sin \frac{\beta}{2} \sin \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} - \frac{\cos \frac{\beta}{2} \cos \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} \right]. (7)$$

Согласно теории предельного состояния Мора

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 - \frac{\sigma_\beta}{\sigma_{-\beta}} \sigma_3, (8)$$

где $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности при одноосном растяжении, МПа;

$\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности при одноосном сжатии, МПа.

В случае, когда $\sigma_{\text{т}} > 0$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ имеем:

$$\sigma_{\text{экв. max}} = \sigma_{\text{1 max}} . \quad (9)$$

Выражение для оценки хрупкой прочности режущей кромки резца можно представить в следующем виде

$$\sigma_{\text{1 max}} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{n_{\text{сж}}} , \quad (10)$$

где $n_{\text{сж}}$ – коэффициент запаса хрупкой прочности.

Согласно рекомендациям он составляет: $n_{\text{сж}} = 1,2 - 1,5$, для сравнительно недорогих инструментов, и $n_{\text{сж}} = 2 - 3$ для дорогостоящих инструментов (Рекомендации института сверхтвердых материалов, ИСМ, г. Киев).

В сравнении с обработкой металлов, обработка древесины и древесных материалов имеет свои особенности и отличия. Металлы считают изотропными материалами, где силы резания зависят от их постоянных физико-механических характеристик. Древесина – анизотропный материал, при обработке которого резанием, существенное влияние на силовые показатели и энергоёмкость оказывают различные факторы. Это порода древесины, влажность, наличие труднообрабатываемых зон (сучков, свилеватости, минеральных включений и т.д.). Поэтому, при оценке хрупкой прочности резца необходимо учитывать все эти факторы, которые существенно влияют на динамику резания, а значит и на хрупкую прочность режущих элементов. Таких факторов много, но главное влияние оказывают следующие факторы, оценивающиеся коэффициентом m .

$$m = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{к}}} = m_{\text{т}} m_{\text{н}} m_{\text{в}} m_{\text{р}} m_{\gamma} m_{\text{в}} , \quad (11)$$

где $m_{\text{т}}$ – табличное значение коэффициента;

$m_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий влияние породы древесины;

$m_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий влияние влажности древесины;

$m_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий влияние износа резца;

m_{γ} – коэффициент, учитывающий влияние плотности древесины;

$m_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий влияние скорости резания;

$P_{\text{н}}$ – нормальная составляющая силы резания, Н;

$P_{\text{к}}$ – касательная составляющая силы резания, Н.

Коэффициент m связан с параметром γ_0 следующим выражением:

$$\gamma_0 = \arcsin \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{к}}} = \arctg m . \quad (12)$$

Толщину стружки (e) с достаточной точностью можно принять:

$$e \approx c \approx u_0 \approx u_{\text{з}} , \quad (13)$$

где $u_{\text{з}}$ – подача на резец, мм;

u_0 – подача на оборот, мм;

c – ширина контакта стружки с передней гранью резца, мм.

Или имеем:

$$k_0 = \frac{r}{u_0}. \quad (14)$$

где r – расстояние до опасных точек на передней грани режущей части резца, мм;
 u_0 – подача на оборот, мм.

Подставляя данные значения в уравнение (7), получим выражение для оценки хрупкой прочности режущей части чернового резца.

$$\sigma_{\text{экс}} = \frac{2P}{t \cdot r} \left[\frac{\sin \frac{\beta}{2} \sin \left[\text{arcctgm} - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} - \frac{\cos \frac{\beta}{2} \cos \left[\text{arcctgm} - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} \right] \leq [\sigma]. \quad (15)$$

Единичная сила резания равна, Н/мм:

$$K = \frac{P}{t}. \quad (16)$$

где P – пиковая нагрузка, Н;
 t – глубина резания, мм.

$$r = k_0 \cdot u_0. \quad (17)$$

Обозначив выражение:

$$\left[\frac{\sin \frac{\beta}{2} \sin \left[\text{arcctgm} - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} - \frac{\cos \frac{\beta}{2} \cos \left[\text{arcctgm} - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} \right] \text{ через } F,$$

имеем:

$$\sigma_{\text{экс}} = \frac{2 \cdot K \cdot F}{k_0 \cdot u_0} \leq [\sigma]. \quad (18)$$

или

$$K = \frac{k_0 \cdot u_0 \cdot [\sigma]}{2 \cdot F}. \quad (19)$$

или

$$[K] = \frac{k_0 \cdot u_0 \cdot \sigma_{\text{в}}}{2 \cdot F \cdot n_{\text{в}}}. \quad (20)$$

где $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала резца на растяжение, МПа ($\sigma_{\text{в}} = 1080$ МПа - быстрорежущая сталь P18);

$n_{\text{в}}$ – коэффициент запаса хрупкой прочности ($n = 2$) в соответствии с рекомендациями [3];

$[K]$ – максимальная (единичная) сила резания по условиям хрупкой прочности режущей части резца (допускаемая), Н/мм.

На рис. 2. представлены теоретические зависимости максимальной (единичной) силы $[K]$ от величины подачи на оборот чернового резца по условиям прочности его режущей части.

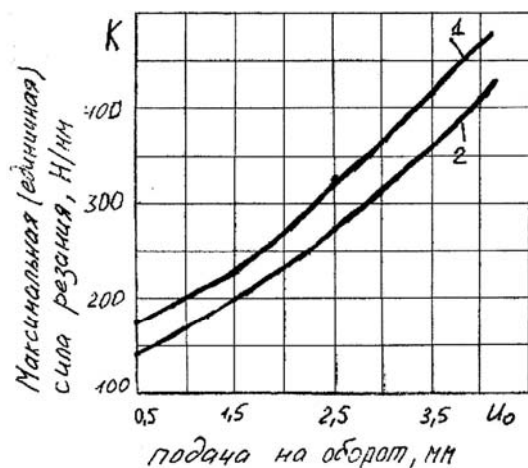


Рис. 2. Теоретические зависимости максимальной (единичной) силы резания $[K]$ от величины подачи на один оборот чернового резца U_z по условиям хрупкой прочности его режущей части: 1 – сосна; 2 – ель

Выводы.

1. На качество обработки бревен и производительность оцилиндровочных станков значительное влияние оказывают макронеровности и кривизна бревна.
2. При оцилиндровке бревен точением величина удельного сопротивления резанию и качество обработки зависят от вида резания и угла перерезания волокон.
3. Существенное влияние на силовые и энергетические показатели резания оказывает параметр, определяющий тангентальное смещение режущей кромки резца относительно центральных осей режущей головки.
4. Хрупкое разрушение режущей части черновых резцов происходит вследствие действия пиковых нагрузок, возникающих в зонах повышенной плотности (сучки, свилеватость, минеральные включения и т.д.).
5. Хрупкая прочность режущей кромки черновых резцов зависит от угловых параметров, характера и направления нагрузки, подачи на резец и прочностных характеристик инструментального и обрабатываемого материалов.
6. Подтверждено, что опасные точки возникают на передней грани резцов в зоне максимума растягивающих напряжений, на расстоянии от режущей кромки, превышающей величину подачи на резец (разрушение происходит за пределами контактной зоны).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетанели А.И. Хрупкая прочность режущей части инструмента и области контакта со стружкой при действии распределенной силовой нагрузки. // Труды ГПИ. Тбилиси. Вып. 5. 1965. С. 34 - 46.
2. Дунаев В.Д. Излом резца при статическом изгибе // Научн. труды ЦНИИ-МОД. Архангельск. Вып. 24. 1969. С. 103 - 108.
3. Бетанели А.И. Хрупкая прочность режущей части инструмента. // ГПИ. Тбилиси. 1969. 320 с.
4. Лоладзе Т.Н., Бетанели А.И. Исследование распределения напряжений в режущей части инструмента. // ГПИ. Тбилиси. 1967. Вып. 1. С. 54 - 56.
5. Бетанели А.И. К обобщению метода расчета прочности режущей части инструмента // Вестник машиностроения. Тбилиси. 1965. Вып. 2. С. 14-19.